

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**КАФЕДРА СОПРОТИВЛЕНИЯ МАТЕРИАЛАМ  
И ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ**

## **ЗАДАНИЯ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

**к выполнению контрольных работ  
по теоретической механике**

**Часть 1**

**«СТАТИКА»**

**для студентов строительных специальностей  
заочной формы обучения**

**Брест 2014**

УДК 620.10

Теоретическая механика является одной из общепрофессиональных дисциплин при подготовке инженеров строительных специальностей.

С целью закрепления теоретического материала и приобретения навыков инженерных расчётов студентами выполняются контрольные работы по основным разделам курса.

Предлагаемые задания и методические указания к контрольным работам позволяют индивидуализировать и активизировать самостоятельную работу при изучении курса «Теоретическая механика», рекомендуются для студентов строительных специальностей заочной формы обучения.

Издаётся в 2-х частях. Часть 1 <<Статика>>.

Составители: Батрак В.В., старший преподаватель  
Сазонов М.И., профессор, д.т.н  
Хвисевич В.М., доцент, к.т.н.

# УКАЗАНИЯ К КОНТРОЛЬНЫМ ЗАДАНИЯМ

## Указания к заданию 1

Первая задача этого задания относится к системе сходящихся сил на плоскости. Эту задачу нужно решить двумя способами: аналитическим и графическим.

При решении задачи С1 следует вырезать узлы А и В, рассмотреть равновесие узла А и составить два уравнения равновесия для этого узла, а затем перейти к узлу В. При геометрическом способе решения следует сначала построить замкнутый силовой треугольник для узла А, а затем — для узла В. Следующие две задачи относятся к равновесию плоской системы сил, причем третья задача решается методом расчленения. При решении задачи С13 удобно сначала составить три уравнения равновесия для всей системы в целом, а затем эту систему расчленить в шарнире С и составить три уравнения равновесия для одной полуарки. При решении остальных задач (С11, С12, С14, С15) удобнее сначала систему расчленить в точке С (задачи С11, С14, С15) или в точках В и С (задача С12) и составить по три уравнения равновесия для каждого стержня в отдельности.

Кроме того, необходимо учесть, что реакция невесомого стержня, соединенного своими концами с другими телами шарнирно, направлена вдоль этого стержня, если силы приложены только к его концам (в задаче С12 — стержень CD) в вариантах С1, С3, С6, С7, С10 или стержень ВС — в остальных вариантах).

В четвертой задаче этого задания требуется определить опорные реакции фермы. Далее следует определить усилия в стержнях 1, 2, 3 заданной фермы по способу разрезов фермы (способу Риттера), а в стержнях 4 и 5 — по способу вырезания узлов. При определении усилий в стержнях 1, 2, 3 следует составить три уравнения равновесия, а при определении усилий в стержнях 4 и 5 — два уравнения равновесия для соответствующего узла.

Определение усилий в стержнях фермы способом разрезов ведется по следующей схеме:

Номер стержня	Обозначение разреза	Точка, взятая за центр моментов	Уравнения равновесия	Величина усилия в стержне

Решение уравнений равновесия прилагается к этой таблице.

## Указания к заданию 2

Первая задача этого задания относится к равновесию системы сходящихся сил в пространстве. При решении ее следует вырезать узел А и затем составить три уравнения равновесия для этого узла, приравнявая нулю сумму проекций всех сил на координатные оси  $x$ ,  $y$  и  $z$ . Кроме того, следует рассмотреть еще

равновесие узла В. При вычислении проекций силы  $S_D$  на оси  $x$ ,  $y$  и  $z$  следует сначала спроектировать эту силу на плоскость  $xAy$  [задачи С17(1), С18(2)] или на плоскость  $xBy$  [задачи С17(2), С18(1), С19], а затем полученную проекцию, направленную по прямой  $KB$  в задачах С17(1), С18(1), С18(2), или по прямой  $AC$  в задаче С17(2) [или по прямой  $AE$  в задаче С19] спроектировать на оси  $x$  и  $y$ .

Вторая задача этого задания решается при помощи теоремы о приведении системы сил в пространстве к данному центру, причем за центр приведения удобно выбрать точку О.

Третья и четвертая задачи решаются при помощи уравнений, которым удовлетворяет система сил в пространстве при равновесии.

Последняя задача относится к теме «Центр тяжести». При решении этой задачи удобно воспользоваться методом отрицательных площадей и формулой для координат центра тяжести кругового сектора.

### Примеры к контрольным заданиям СТАТИКА

**Пример С1.** Жесткая пластина ABCD (рис. С1) имеет в точке А неподвижную шарнирную опору, а в точке В- подвижную шарнирную опору на катках. Все действующие нагрузки и размеры показаны на рис. С1.

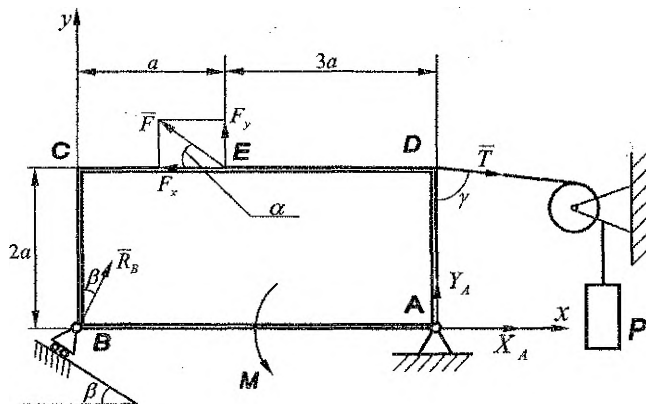


Рисунок С1

Дано:  $F=25$  Кн,  $\alpha=60^\circ$ ,  $P=18$  Кн,  $\gamma=75^\circ$ ,  $M=50$  Кн·м,  $\beta=30^\circ$ ,  $a=0.5$  м.

**Определить:** реакции в точках А и В, вызываемые действующими нагрузками.

**Решение:** 1. Рассмотрим равновесие пластины. Проведем координатные оси  $X\bar{Y}$  и изобразим действующие на пластину силы: силу  $\bar{F}$ , пару сил с моментом  $\bar{M}$ , натяжение троса  $\bar{T}$  (по модулю  $T=P$ ) и реакции связей  $\bar{X}_A, \bar{Y}_A, \bar{R}_B$  (реакцию неподвижной шарнирной опоры А изображаем двумя ее составляющими, реакция шарнирной опоры на катках направлена перпендикулярно опорной плоскости).

2. Для полученной плоской системы сил составим три уравнения равновесия. При вычислении момента силы  $\bar{F}$  относительно точки А воспользуемся теоремой Вариньона, т.е. разложим силу  $\bar{F}$  на составляющие  $\bar{F}'', \bar{F}'$  ( $F' = F \cos \alpha, F'' = F \sin \alpha$ ) и учтем, что  $m_A(F) = m_A(\bar{F}'') + m_A(\bar{F}')$ . Получим:

$$\sum F_{kx} = 0, X_A + R_B \sin \beta - F \cos \alpha + T \sin \gamma = 0; \quad (1)$$

$$\sum F_{ky} = 0, Y_A + R_B \cos \beta + F \sin \alpha - T \cos \gamma = 0; \quad (2)$$

$$\sum M_A(\bar{F}_k) = 0, M - R_B \cos \beta \cdot 4a + F \cos \alpha \cdot 3a - T \sin \gamma \cdot 2a = 0 \quad (3)$$

Подставив в составленные уравнения числовые значения заданных величин и решив эти уравнения, определим искомые реакции.

**Ответ:**  $X_A = -8,5$  кН;  $Y_A = -23,3$  кН;  $R_B = 7,3$  кН. Знаки указывают, что силы  $\bar{X}_A, \bar{Y}_A$  и направлены противоположно показанным на рис. С1.

**Пример С2.** На угольник ABC ( $\angle ABC = 90^\circ$ ), конец А которого жестко заделан, в точке С опирается стержень DE (Рис.С2а). Стержень имеет в точке D неподвижную шарнирную опору и к нему приложена сила  $\bar{F}$ , а к угольнику — равномерно распределенная на участке KB нагрузка интенсивности  $q$  и пара с моментом  $M$ .

**Дано:**  $F = 10$  кН,  $M = 5$  кН·м,  $q = 20$  кН/м,  $a = 0,2$  м.

**Определить:** реакции в точках А, С, D, вызванные заданными нагрузками.

**Решение.** 1. Для определения реакций расчленим систему и рассмотрим сначала равновесие стержня DE (Рис.С2б). Проведем координатные оси  $X\bar{Y}$

и изобразим действующие на стержень силы:  $\vec{F}$ ,  $\vec{N}$ , направленную перпендикулярно стержню, и составляющие  $\vec{X}_D$  и  $\vec{Y}_D$  реакции шарнира D. Для полученной плоской системы сил составляем три уравнения равновесия:

$$\sum F_{ix} = 0, X_D + F - N \cdot \sin 60^\circ = 0; \quad (1)$$

$$\sum F_{iy} = 0, Y_D + N \cdot \cos 60^\circ = 0; \quad (2)$$

$$\sum m_D(\vec{F}_k) = 0, N \cdot 2a - F \cdot 5a \sin 60^\circ = 0. \quad (3)$$

2. Теперь рассмотрим равновесие угольника (Рис. С2в). На него действуют сила давления стержня  $\vec{N}'$ , направленная противоположно реакции  $\vec{N}$ , равномерно распределенная нагрузка, которую заменяем силой  $\vec{Q}$ , приложенной в середине участка KB (численно  $Q=q \cdot 4a=16$  кН), пара сил с моментом  $M$  и реакция жесткой заделки, состоящая из силы, которую представим составляющими  $\vec{X}_A$ ,  $\vec{Y}_A$ , и пары с моментом  $M_A$ .

Для этой плоской системы сил тоже составляем три уравнения равновесия:

$$\sum F_{ix} = 0, X_A + Q \cos 60^\circ + N' \sin 60^\circ = 0; \quad (4)$$

$$\sum F_{iy} = 0, Y_A - Q \sin 60^\circ - N' \cos 60^\circ = 0; \quad (5)$$

$$\sum m_A(\vec{F}_k) = 0, M_A + M + Q \cdot 2a + N' \cos 60^\circ \cdot 4a + N' \sin 60^\circ \cdot 6a = 0. \quad (6)$$

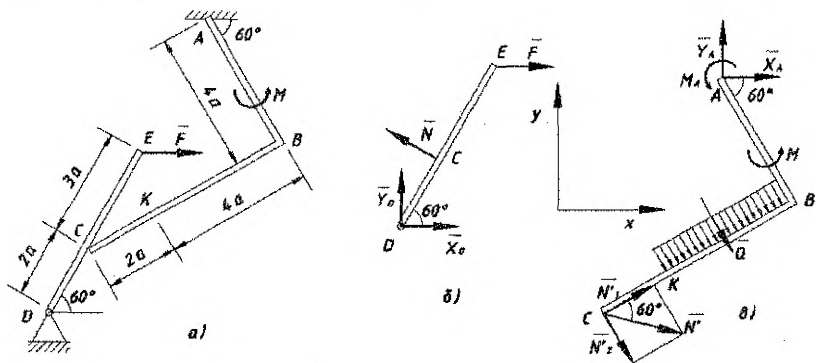


Рисунок С2

При вычислении момента силы  $\overline{N}'$  разлагаем ее на составляющие  $\overline{N}'_1$  и  $\overline{N}'_2$  и применяем теорему Вариньона. Подставив в составленные уравнения числовые значения заданных величин и решив систему уравнений (1) — (6), найдем искомые реакции. При решении учитываем, что численно  $N' = N$  в силу равенства действия и противодействия.

**Ответ:**  $N = 21,7$  кН,  $X_D = 8,8$  кН,  $Y_D = -10,8$  кН;  $X_A = -26,8$  кН,  $Y_A = 24,7$  кН,  $M_A = -6,8$  кНм. Знаки указывают, что  $\overline{X}_D$ ,  $\overline{X}_A$  и момент  $M_A$  направлены противоположно показанным на рисунках.

**Пример С3.** Конструкция состоит из невесомых стержней 1, 2, 6, соединенных друг с другом (в узлах К и М) и с неподвижными опорами А, В, С, Д шарнирами (рис. С3). В узлах К и М приложены силы  $\overline{P}$  и  $\overline{Q}$ , образующие с координатными осями углы  $\alpha_1, \beta_1, \gamma_1, \alpha_2, \beta_2, \gamma_2$  соответственно (на рисунке показаны только углы  $\alpha_1, \beta_1, \gamma_1$ )

**Дано:**  $P = 100$  Н,  $\alpha_1 = 60^\circ, \beta_1 = 60^\circ, \gamma_1 = 45^\circ$ ;  $Q = 50$  Н,  $\alpha_2 = 45^\circ, \beta_2 = 60^\circ, \gamma_2 = 60^\circ$ ,  $\psi = 30^\circ, \varphi = 60^\circ, \delta = 74^\circ$ .

**Определить:** усилия в стержнях 1-6.

**Решение.** 1. Рассмотрим равновесие узла К, в котором сходятся стержни 1, 2, 3. На узел действуют сила  $\overline{P}$  и реакции  $\overline{N}_1, \overline{N}_2, \overline{N}_3$  стержней, которые направим по стержням от узла, считая стержни растянутыми. Составим уравнения равновесия этой пространственной системы сходящихся сил:

$$\sum F_{kx} = 0, P \cos \alpha_1 + N_2 \sin \psi + N_3 \sin \varphi = 0; \quad (1)$$

$$\sum F_{ky} = 0, P \cos \beta_1 - N_1 - N_2 \cos \psi = 0; \quad (2)$$

$$\sum F_{kz} = 0, P \cos \gamma_1 - N_3 \cos \varphi = 0. \quad (3)$$

Решив уравнения (1), (2), (3) при заданных числовых значениях силы  $P$  и углов, получим  $N_1 = 349$  Н,  $N_2 = -345$  Н,  $N_3 = 141$  Н.

2. Рассмотрим равновесие узла М. На узел действуют сила  $\overline{Q}$  и реакции  $\overline{N}_2', \overline{N}_4, \overline{N}_5, \overline{N}_6$  стержней. При этом по закону о равенстве действия и

противодействия реакция  $\overline{N_2}'$  направлена противоположно  $\overline{N_2}$ , численно же  $\overline{N_2}' = N_2$ . Составим уравнения равновесия:

$$\sum F_{kx} = 0, \quad Q \cos \alpha_2 - N_2 \sin \psi - N_4 - N_5 \sin \delta \sin \psi = 0 \quad (4)$$

$$\sum F_{ky} = 0, \quad Q \cos \beta_2 + N_2 \cos \psi + N_5 \sin \delta \cos \psi = 0; \quad (5)$$

$$\sum F_{kz} = 0, \quad Q \cos \gamma_2 - N_5 \cos \delta - N_6 = 0. \quad (6)$$

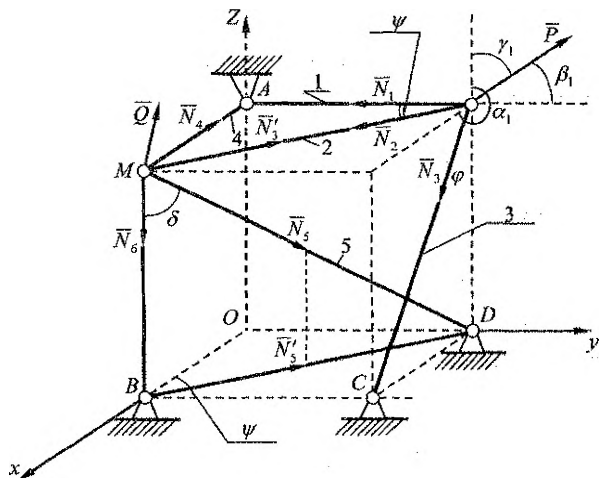


Рисунок С3

При определении проекций силы  $\overline{N_5}$  на оси X и Y в уравнениях (4) и (5) удобнее сначала найти проекцию  $\overline{N_5}' = N_5 \sin \delta$  этой силы на плоскость XOY (по числовой величине  $\overline{N_5}' = N_5 \sin \delta$ ), а затем найденную проекцию на плоскость спроектировать на оси X, Y. Решив систему уравнений (4), (5), (6) и учитывая, что  $N_2' = N_2 = -345$  Н, найдем, чему равны  $N_4, N_5, N_6$ .

**Ответ:**  $N_1 = 349$  Н,  $N_2 = -345$  Н,  $N_3 = 141$  Н;  $N_4 = 50$  Н,  $N_5 = 329$  Н,  $N_6 = -66$  Н.

Знаки показывают, что стержни 2 и 6 сжаты, остальные — растянуты.



**Пример С4.** Горизонтальная прямоугольная плита весом  $P$  (рис. С4) закреплена сферическим шарниром в точке  $A$ , цилиндрическим (подшипником) в точке  $B$  и невесомым стержнем  $DD'$ . На плиту в плоскости, параллельной  $XZ$ , действует сила  $\vec{F}$ , а в плоскости, параллельной  $YZ$ , - пара сил с моментом  $M$ .

Дано:  $P=3$  кН,  $F=8$  кН,  $M=4$  кН·м,  $\alpha=60^\circ$ ,  $AC=0.8$  м,  $AB=1.2$  м,  $BE=0.4$  м,  $EH=0.4$  м.

**Определить:** реакции опор  $A$ ,  $B$  и стержня  $DD'$ .

**Решение.** 1. Рассмотрим равновесие плиты. На плиту действуют заданные силы  $\vec{F}$ ,  $\vec{P}$  и пара с моментом  $M$ , а также реакции связей. Реакцию сферического шарнира разложим на три составляющие  $\vec{X}_A, \vec{Y}_A, \vec{Z}_A$ , цилиндрического (подшипника) — на две составляющие  $\vec{X}_B, \vec{Z}_B$  (в плоскости, перпендикулярной оси подшипника); реакцию  $\vec{N}$  стержня направляем вдоль стержня от  $D$  к  $D'$ , предполагая, что он растянут.

2. Для определения шести неизвестных реакций составляем шесть уравнений равновесия действующей на плиту пространственной системы сил:

$$\sum F_{kx} = 0; x_A + x_B + F \cos 60 = 0;$$

$$\sum F_{ky} = 0; y_A - N \cos 30 = 0;$$

$$\sum F_{kz} = 0; z_A + z_B - P + N \sin 30 - F \sin 60 = 0;$$

$$\sum M_x(F_k) = 0; M - P \cdot \frac{AB}{2} + z_B \cdot AB - F \sin 60 \cdot AB + N \sin 30 \cdot AB = 0;$$

$$\sum M_y(F_k) = 0; P \cdot \frac{AC}{2} - N \sin 30 \cdot AC + F \cdot \sin 60 \cdot \frac{AC}{2} - F \cos 60 \cdot BE = 0;$$

$$\sum M_z(F_k) = 0; -N \cos 30 \cdot AC - F \cdot \cos 60 \cdot AB - x_B \cdot AB = 0.$$

Для определения моментов силы  $\vec{F}$  относительно осей разлагаем ее на составляющие  $\vec{F}''$ ,  $\vec{F}'$ , параллельные осям  $X$  и  $Z$  ( $F'' = F \sin \alpha$ ,  $F' = F \cos \alpha$ ), и применяем теорему Вариньона. Аналогично можно поступить при определении моментов реакции  $\vec{N}$ .

Подставив в составленные уравнения числовые значения всех заданных величин и решив эти уравнения, найдем искомые реакции.

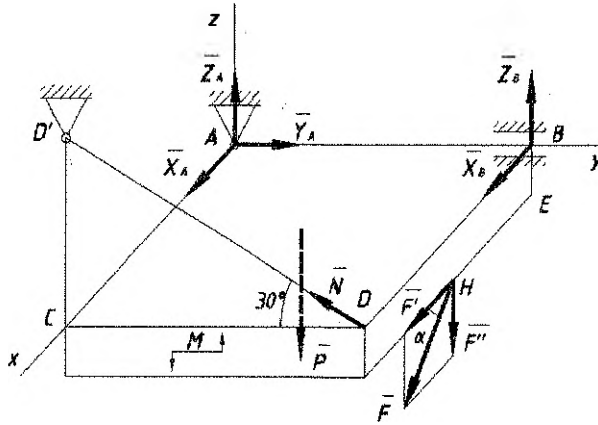


Рисунок С4

Ответ:  $N=5.9$  кН,  $X_B = -7.4$  кН,  $Z_B=2.1$ кН;  $X_A= 3.4$  кН,  $Y_A= 5.1$  кН,  $Z_A=4.8$ кН. Знак минус указывает, что  $\overline{X_B}$  направлена противоположно показанной на рисунке.

**ЗАДАЧИ К КОНТРОЛЬНЫМ ЗАДАНИЯМ.**  
**<<СТАТИКА>>**

**Задача С1.** Шарнирный четырехзвенник  $O_1ABO_2$  находится под действием сил  $P_1$  и  $P_2$ , приложенных в узлах А и В, в равновесии, причем стороны  $O_1A$ ,  $O_2B$  и АВ образуют с неподвижным звеном  $O_1O_2$  углы  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ . Определить усилия в стержнях  $O_1A$  и  $O_2B$  и силу  $P_1$ , если углы  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  и сила  $P_2$ , а также углы  $\varphi$  и  $\delta$ , составляемые силами  $P_1$  и  $P_2$  со стержнями  $O_1A$  и  $O_2B$ , заданы (рис. 1, табл.1).

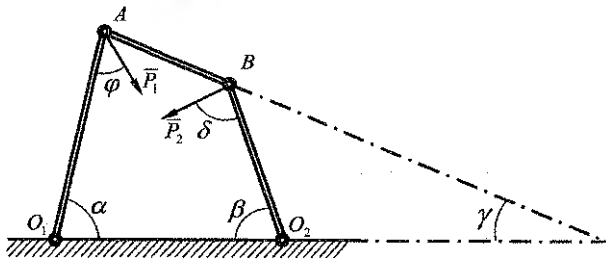


Рисунок 1

**Задача С5.** Груз весом  $P$  (н), поднимаемый краном  $ABC$ , удерживается в равновесии при помощи цепи, перекинутой через блоки  $A$  и  $D$ . Определить реакции невесомых стержней  $AB$  и  $AC$ , если заданы углы  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  и сила  $P$  (рис. 5, табл. 5).

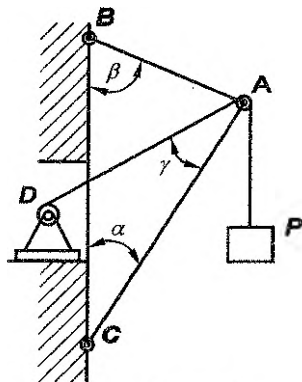


Рисунок 5

Таблица 5

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\alpha$	$45^\circ$	$30^\circ$	$30^\circ$	$30^\circ$	$45^\circ$	$45^\circ$	$60^\circ$	$60^\circ$	$60^\circ$	$30^\circ$
$\beta$	$45^\circ$	$60^\circ$	$30^\circ$	$120^\circ$	$90^\circ$	$45^\circ$	$60^\circ$	$30^\circ$	$45^\circ$	$60^\circ$
$\gamma$	$30^\circ$	$60^\circ$	$60^\circ$	$45^\circ$	$30^\circ$	$45^\circ$	$30^\circ$	$45^\circ$	$30^\circ$	$45^\circ$
$P$	20	20	15	24	32	18	24	30	15	30

**Задача С6.** Однородная балка  $AB$  длиной 2 м и весом  $P$  (н), наклоненная к вертикали под углом  $\alpha$ , концом  $A$  закреплена шарнирно, а к другому ее концу  $B$  под углом  $\varphi$  приложена сила  $S$  (н). В точке  $C$  к балке привязана веревка, перекинутая через блок и несущая груз весом  $Q$  (н). Кроме того, к балке приложена пара сил с моментом  $M$  нм. Определить реакцию шарнира  $A$  и вес груза  $Q$  при равновесии, если веревка составляет с осью балки угол  $\beta$ , а углы  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\varphi$ , силы  $P$ ,  $S$ , момент пары  $M$  ( $H \cdot м$ ) и  $AC$  (в метрах) заданы (рис. 6, табл. 6).

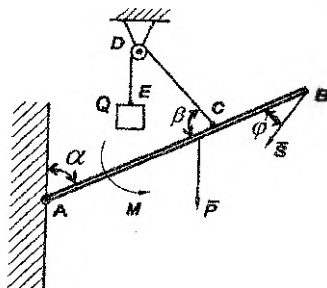


Рисунок 6

Таблица 6

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\alpha$	$135^\circ$	$90^\circ$	$60^\circ$	$45^\circ$	$30^\circ$	$135^\circ$	$120^\circ$	$90^\circ$	$30^\circ$	$60^\circ$
$\varphi$	$45^\circ$	$45^\circ$	$90^\circ$	$60^\circ$	$90^\circ$	$90^\circ$	$60^\circ$	$45^\circ$	$120^\circ$	$45^\circ$
$\beta$	$60^\circ$	$30^\circ$	$90^\circ$	$90^\circ$	$45^\circ$	$60^\circ$	$30^\circ$	$60^\circ$	$45^\circ$	$90^\circ$
$m$	320	300	600	350	600	900	500	640	400	560
$P$	420	320	240	350	450	480	270	250	400	300
$S$	300	250	420	200	350	300	320	400	200	360
$AC$	1,6	1,3	1,6	1,5	1,6	1,5	1,75	1,25	1,3	1,5

**Задача С7.** Балка АВ весом  $P$  (н) концом А закреплена при помощи неподвижного цилиндрического шарнира, а другим концом В опирается на гладкую наклонную плоскость. К балке АВ приложена пара сил с моментом  $M$  (нм). В точке D к балке АВ прикреплена веревка, перекинутая через блок E, к концу которой подвешен груз весом  $Q$  (н). Определить реакции опор в точках А и В, если длина балки АВ, а также AC и AD (в метрах) заданы (рис. 7, табл.7).

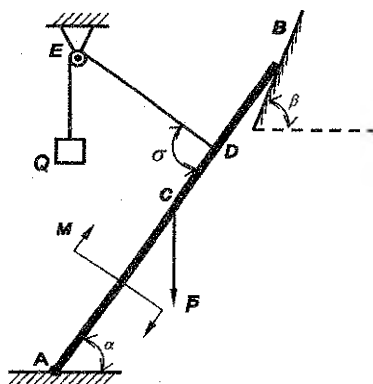


Рисунок 7

Таблица 7

№	$Q$	$P$	$M$	$\alpha$	$\beta$	$\delta$	$AC$	$AD$	$AB$
1	60	250	60	$80^\circ$	$90^\circ$	$90^\circ$	4	6	8
2	100	400	120	$30^\circ$	$60^\circ$	$90^\circ$	1	1,2	1,5
3	250	500	200	$30^\circ$	$45^\circ$	$60^\circ$	2,5	4,5	6
4	50	400	150	$45^\circ$	$60^\circ$	$45^\circ$	2,5	4	5
5	40	400	160	$30^\circ$	$60^\circ$	$60^\circ$	4,5	7,5	9
6	100	300	100	$30^\circ$	$45^\circ$	$60^\circ$	3	4	6
7	50	300	160	$30^\circ$	$90^\circ$	$45^\circ$	5	8	10
8	50	250	200	$30^\circ$	$60^\circ$	$90^\circ$	2	4,5	6
9	40	200	150	$45^\circ$	$60^\circ$	$90^\circ$	3,3	6	8
10	40	240	120	$30^\circ$	$60^\circ$	$30^\circ$	3,5	5	6

Таблица 1

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\alpha$	30°	45°	60°	30°	90°	120°	90°	45°	120°	30°
$\beta$	60°	90°	135°	120°	60°	120°	135°	90°	120°	45°
$\gamma$	30°	30°	45°	45°	30°	30°	15°	15°	45°	15°
$\varphi$	30°	45°	30°	60°	30°	90°	45°	90°	45°	60°
$\delta$	60°	30°	45°	45°	30°	30°	45°	60°	60°	90°
P	1	3	5	7	6	4	2	8	10	12

**Задача С2.** Груз весом  $P$  (н), поднимаемый краном ABC, удерживается в равновесии при помощи каната, перекинутого через блок A и закрепленного в точке D неподвижно. Определить реакции в шарнирах B и C, если крепления в точках A, B и C шарнирные, углы  $\alpha$  и  $\beta$  заданы, а весом стержней AB и AC пренебречь (рис. 2, табл. 2).

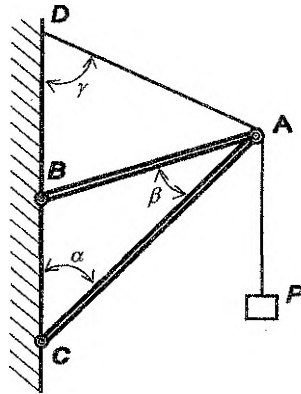


Рисунок 2

Таблица 2

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\alpha$	30°	30°	45°	30°	45°	45°	60°	60°	60°	30°
$\beta$	30°	60°	45°	90°	30°	45°	60°	15°	90°	120°
$\gamma$	60°	30°	30°	45°	45°	45°	90°	30°	45°	60°
P	200	400	600	300	400	500	250	350	240	320

**Задача С3.** Однородный шар весом  $P$  (н) удерживается в равновесии на внутренней поверхности гладкой полусферы при помощи веревки AB, перекинутой через блок D и составляющей с вертикалью угол  $\beta$ . К концу B этой веревки привязан груз. Определить давление шара на поверхность полусферы и вес груза  $Q$ , если радиус OM составляет с горизонталью угол  $\alpha$ ; трением на блоке можно пренебречь (рис. 3, табл. 3).

Таблица 3

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\alpha$	$30^\circ$	$30^\circ$	$30^\circ$	$45^\circ$	$60^\circ$	$30^\circ$	$60^\circ$	$45^\circ$	$60^\circ$	$60^\circ$
$\beta$	$30^\circ$	$45^\circ$	$60^\circ$	$30^\circ$	$60^\circ$	$60^\circ$	$45^\circ$	$45^\circ$	$30^\circ$	$45^\circ$
P	300	200	160	240	480	320	600	500	450	300

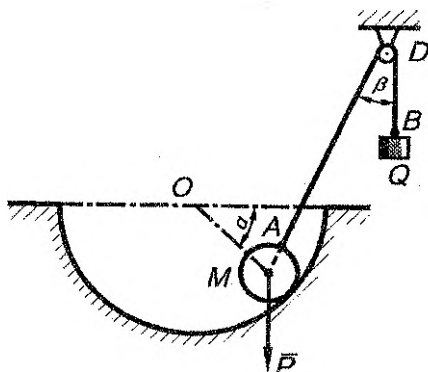


Рисунок 3

**Задача С4.** Груз весом  $P$  (н) удерживается в равновесии двумя веревками АВ и ВDC, причем веревка АВ прикреплена к стене в точке А и составляет с вертикалью угол  $\alpha$ , а к веревке ВDC, перекинутой через блок D, подвешен груз. Определить натяжение веревки АВ и вес  $Q$  второго груза, если направление ВD составляет с вертикалью угол  $\beta$  (рис.4, табл.4).

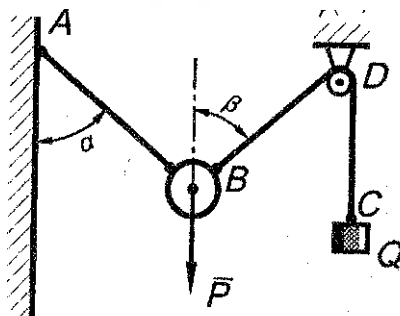


Рисунок 4

Таблица 4

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\alpha$	$60^\circ$	$60^\circ$	$45^\circ$	$30^\circ$	$90^\circ$	$30^\circ$	$60^\circ$	$30^\circ$	$60^\circ$	$45^\circ$
$\beta$	$60^\circ$	$45^\circ$	$30^\circ$	$90^\circ$	$30^\circ$	$45^\circ$	$30^\circ$	$30^\circ$	$30^\circ$	$45^\circ$
P	200	120	160	150	100	240	280	320	270	300

**Задача С8.** Балка АВ весом  $P$  (н), наклоненная к вертикали под углом  $\alpha$ , концом А закреплена шарнирно, а промежуточной точкой D опирается на выступ стены. К концу В балки прикреплена веревка, перекинутая через блок E и составляющая с вертикалью угол  $\beta$ , к свободному концу которой подвешен груз весом  $Q$  н. К балке приложена пара сил с моментом  $M$  (нм). Определить реакции опор А и D, если заданы длина балки АВ, а также АС и AD (м) (рис. 8, табл. 8).

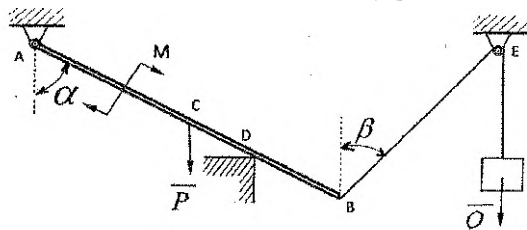


Рисунок 8

Таблица 8

№	P	Q	M	$\alpha$	$\beta$	AC	AD	AB
1	600	100	100	45°	30°	4	6	8
2	600	120	160	60°	30°	3	4,8	6
3	400	50	180	60°	15°	5	9	12
4	450	50	150	60°	0°	3	4,5	6
5	300	50	120	30°	30°	4	5	6
6	500	100	140	120°	60°	3	3,5	5
7	450	50	100	150°	30°	6	8	10
8	320	40	120	120°	30°	5	8	10
9	300	60	80	120°	45°	3	4,5	6
10	300	60	100	30°	60°	4	6,4	8

**Задача С9.** Определить опорные реакции невесомой рамы, возникающие под действием сил  $P_1, P_2$  (Кн) и равномерно распределенной нагрузки интенсивности  $q$  (кн/м), если заданы углы  $\alpha, \beta, \gamma$ , размеры  $AD=a, DC=b, CB=c$  (м) и отношения  $AL/LD=k_1, CE/BC=k_2$  (рис. 9, табл. 9).

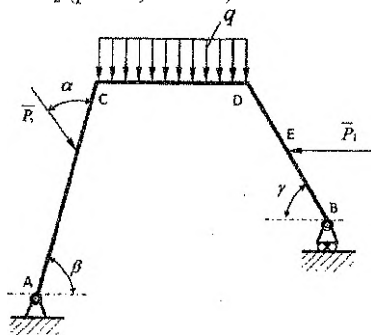


Рисунок 9

Таблица 9

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$P_1$	4	6	10	5	2	2	1	4,5	2	3
$P_2$	5	10	12	8	6	7	6	14	5	8
$q$	0,8	0,6	0,8	1	0,9	0,6	0,8	1,2	0,6	1,2
$\alpha$	60°	30°	90°	45°	45°	45°	30°	60°	60°	30°
$\beta$	45°	60°	45°	30°	90°	60°	90°	30°	60°	45°
$\gamma$	90°	90°	90°	45°	45°	30°	60°	60°	45°	90°
$k_1$	3/5	4/5	2/5	3/4	1/3	1/2	5/6	4/5	3/5	1/2
$k_2$	1/2	2/3	3/4	1/2	1/3	2/3	1/2	3/4	1/2	1/4
$a$	5	6	6	10	8	4	4,5	4,5	2,5	3
$b$	2	3	2,1	4	4	3	3	2	1	1,2
$c$	3	3	4	6	3	1,5	2	1,5	1,5	0,8

**Задача С10.** Определить реакции шарнирно-неподвижной и шарнирно-подвижной опор А и В рамы ADCB, возникающие под действием сил  $P_1$  и  $P_2$  (кН) и горизонтальной равномерно распределенной нагрузки интенсивности  $q$  кН/м, действующей на участке AD. Сила  $P_1$  вертикальна и приложена в точке К, а сила  $P_2$  приложена в точке Е под углом  $\alpha$  к СВ. Весом рамы пренебречь. Расстояния  $AD = a$ ,  $DK = b$ ,  $KC = c$ ,  $CB = d$ ,  $BE = e$  (м) и угол  $\gamma$  наклона опорной плоскости катков заданы (рис. 10, табл. 10).

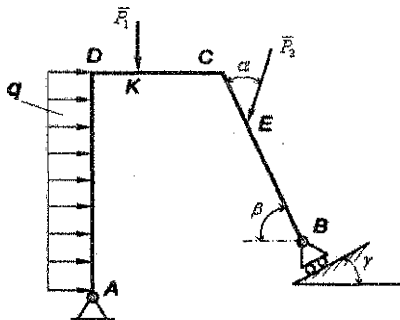


Рисунок 10

Таблица 10

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$P_1$	4	5	7	8	5	9	12	11	13	10
$P_2$	2	2	2	3	2,5	3	5	7	4	6
$q$	1,2	1	0,8	0,6	1	1,2	0,8	1	0,6	0,5
$\alpha$	90°	60°	45°	120°	90°	45°	30°	60°	45°	30°
$\beta$	45°	60°	90°	30°	90°	45°	60°	30°	45°	90°
$\gamma$	45°	0°	60°	30°	45°	30°	0°	45°	60°	0°
$a$	2	3	2,5	1,5	4	5	3	4	3	2,5
$b$	0,6	0,5	1,5	0,5	3	2	1	2	1,5	1
$c$	0,6	0,3	0,5	0,5	2	2	2	1	1	1
$d$	$\sqrt{2}$	2	3	4	4	5	2	6	6	1,5
$e$	$\sqrt{2}/2$	1	0,5	2	2	3	1	2	3	1



**Задача С11.** Однородный стержень АВ весом  $P_1$  (н), закрепленный шарнирно в точке А, свободно опирается на однородный стержень CD весом  $P_2$  н, закрепленный шарнирно в точке D и опирающийся свободно на неподвижную опору К. В точке В к стержню АВ подвешен груз весом  $Q$  (н). Стержни АВ и CD составляют с вертикалью углы  $\alpha$  и  $\beta$ . Определить реакции шарниров А и D и опоры К, а также давление одного стержня на другой в точке С, если заданы углы  $\alpha$  и  $\beta$ , силы  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $Q$  и отношения  $KD/CD=k_1$ ,  $AC/AB=k_2$  (рис. 11, табл. 11).

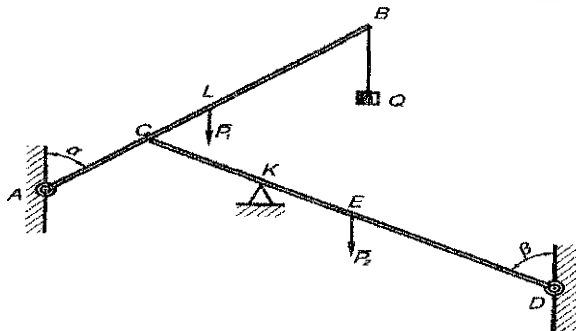


Рисунок 11

Таблица 11

№	$P_1$	$P_2$	$Q$	$\alpha$	$\beta$	$k_1$	$k_2$
1	250	600	0	$45^\circ$	$90^\circ$	4/5	1/6
2	100	400	50	$30^\circ$	$30^\circ$	4/5	1/3
3	120	300	100	$60^\circ$	$60^\circ$	5/6	1/3
4	150	450	80	$45^\circ$	$60^\circ$	3/4	1/4
5	200	600	120	$30^\circ$	$90^\circ$	3/5	1/5
6	100	500	0	$90^\circ$	$60^\circ$	2/3	1/3
7	120	480	60	$90^\circ$	$30^\circ$	4/5	1/5
8	80	400	40	$45^\circ$	$45^\circ$	5/6	1/6
9	100	360	100	$45^\circ$	$30^\circ$	2/3	1/3
10	120	460	80	$60^\circ$	$45^\circ$	3/4	1/4

**Задача С12.** Система состоит из трех невесомых стержней АВ, ВС и CD, соединенных между собой шарнирно в точках В и С. Конец D стержня CD закреплен при помощи неподвижного цилиндрического шарнира, а конец А стержня АВ закреплен жестко. Эта система находится в равновесии под действием вертикальной силы  $P_1$ , приложенной в середине стержня АВ, равномерно распределённой нагрузки интенсивности  $q$  кН/м, приложенной к стержню ВС и перпендикулярной к этому стержню, горизонтальной силы  $P_2$ , приложенной в точке Е к стержню DC, и пары сил с моментом  $M$  (кН·м), приложенной к тому же стержню. Определить реакции шарниров В, С, D и реакции заделки в точке А, если заданы  $P_1$ ,  $P_2$  (Кн),  $q$ ,  $m$ , углы  $\alpha, \beta, \gamma$ , отношение  $DE/EC=k$  и длины стержней  $AB=a$ ,  $BC=b$ ,  $CD=c$  (м) (рис. 12. табл. 12)..

Таблица 12

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$P_1$	4	0	2	3	5	4	2	2,5	3	2
$P_2$	0	5	0	4	2	0	0	1,6	1,5	0
$m$	0	2	0	3,6	2	0	0	1,2	1,5	0
$q$	0,8	0	1	0	0	0,9	1,2	0	0	1,5
$a$	3	4	2,5	3,5	4	$\sqrt{2}$	$\sqrt{2}$	$2\sqrt{3}$	2	2,5
$b$	2	-	1,5	-	-	1	2	-	-	0,9
$c$	-	2	-	2,8	0,8	-	-	6	3	-
$k$	-	3/5	-	3/4	1/2	-	-	4/5	2/3	-
$\alpha$	90°	30°	60°	30°	0°	45°	90°	60°	30°	45°
$\beta$	45°	90°	60°	60°	90°	0°	0°	30°	60°	90°
$\gamma$	135°	90°	120°	150°	30°	90°	135°	150°	30°	90°

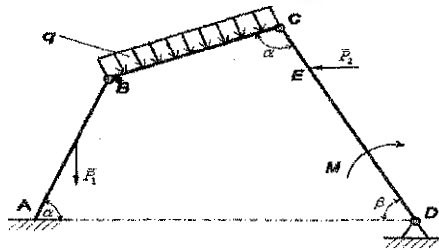


Рисунок 12

**Задача С13.** Определить реакции шарниров А, В, С' трехшарнирной арки, возникающие под действием сил  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_3$  (в килоньютонах), равномерно распределенной нагрузки интенсивности  $q$  кН/м, приложенной к левой полуарке, и пары сил с моментом  $M$  (кН·м), приложенной к правой полуарке. Расстояния  $a$  и  $b$  заданы метрах (рис. 13, табл. 13)

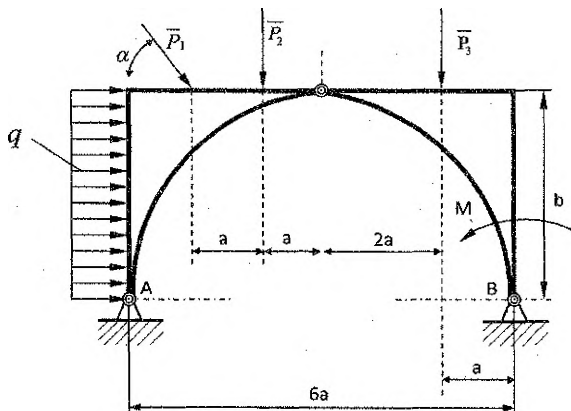


Рисунок 13

Таблица 13

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$P_1$	40	30	50	45	20	25	30	0	25	15
$P_2$	0	20	25	16	18	0	15	14	20	0
$P_3$	0	12	15	0	9	15	10	0	5	0
$M$	15	10	20	16	15	12	20	15	10	12
$q$	1	0,8	1,2	0,8	0,5	0,4	0,8	1	0,5	1,5
$\alpha$	$45^\circ$	$30^\circ$	$60^\circ$	$90^\circ$	$45^\circ$	$90^\circ$	$30^\circ$	$60^\circ$	$60^\circ$	$45^\circ$
$a$	1,5	2	1,4	1,6	1,8	1,6	1,6	2	2	1,8
$b$	4	5	3	4	5	4	5	4,5	5,6	4

**Задача С14.** Определить реакции в опорных шарнирах А и В и в соединительном шарнире С составной рамы, возникающие под действием сил  $P_1$  и  $P_2$  (Кн), равномерно распределенной нагрузки интенсивности  $q$  (кн/м), действующей на участке  $CD = b$ , и пары сил с моментом  $M$  (кн·м), приложенной к левой части АЕС рамы, как показано на рис. 14. Длины  $AE = a$ ,  $EC = CD = b$ ,  $DB = c$ ,  $DL = e$ ,  $AK = d$  (м) и углы  $\alpha, \beta, \varphi$  заданы (рис. 14, табл. 14).

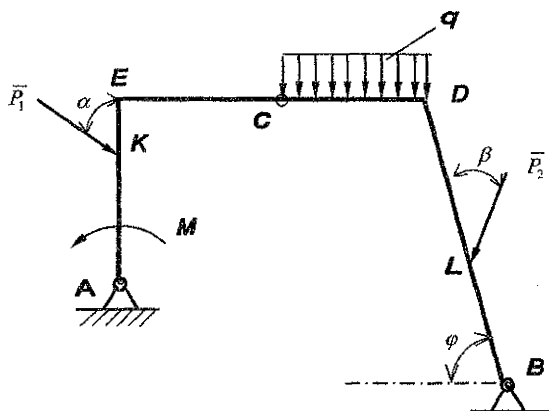


Рисунок 14

Таблица 14

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$P_1$	6	8	10	12	9	5	7,5	4	6	4
$P_2$	4	5	5	6	12	7,5	5	2	6	3
$M$	12	10	15	8	18	15	16	6	10	12
$q$	1,2	1,5	1,2	1	1,5	1	1,5	0,8	0,6	0,8
$a$	3	4	5	8	6	6	3	4	4	3
$b$	2	3	3	2	3	3	1,5	2	1,5	1
$c$	6	8	15	4	6	10	5	6	8	6
$d$	2	3	4	3	4	3	1	1,5	2	2
$e$	3	2	5	2	3	4	2	3	3	2
$\alpha$	$30^\circ$	$90^\circ$	$60^\circ$	$45^\circ$	$45^\circ$	$30^\circ$	$60^\circ$	$45^\circ$	$30^\circ$	$90^\circ$
$\beta$	$90^\circ$	$45^\circ$	$30^\circ$	$60^\circ$	$30^\circ$	$90^\circ$	$60^\circ$	$45^\circ$	$45^\circ$	$30^\circ$
$\varphi$	$45^\circ$	$30^\circ$	$60^\circ$	$90^\circ$	$90^\circ$	$60^\circ$	$45^\circ$	$30^\circ$	$30^\circ$	$60^\circ$

**Задача С15.** Решить задачу 14 при условии, что горизонтальная, равномерно распределенная нагрузка действует на участке АЕ, как указано на рис. 15, а точка К лежит на отрезке CD, причём  $CK=d$  (рис. 15, табл. 15).

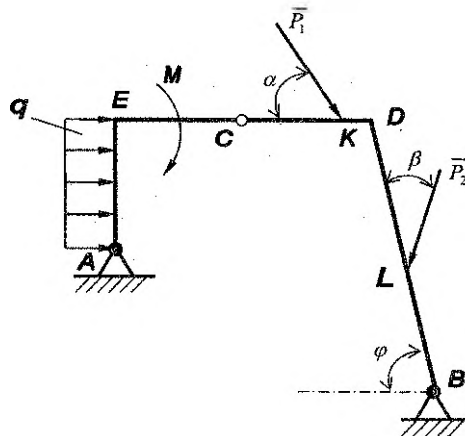


Рисунок 15

Таблица 15

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$P_1$	6	10	8	9	6	9	12,5	7,5	10	10
$P_2$	8	5	12	12	9	6	10	5	5	7,5
$M$	15	16	10	12	12,5	14	18	8	10	12
$q$	0,8	1	1,2	1	1,5	0,9	1	1,2	1,5	1,2
$a$	2	3	2,5	4	5	3	2,5	3	2	1,8
$b$	1	1	1	1,5	1,5	1	1,2	1,2	1	1
$c$	3,6	5	6	6,5	3	2	5	8	4,5	3,6
$d$	0,6	0,5	0,5	1	0,5	0,3	0,6	0,4	0,6	0,8
$e$	1	2	1,5	3	1,5	1	2	3	3	2
$\alpha$	90°	90°	30°	45°	45°	60°	30°	60°	30°	90°
$\beta$	90°	30°	60°	45°	30°	60°	45°	30°	90°	60°
$\gamma$	45°	90°	60°	30°	90°	60°	30°	90°	45°	45°

**Задача С16.** К ферме приложены пять заданных сил  $P_1, P_2, P_3, P_4, P_5$ . Определить опорные реакции в точках А и В. Найти также усилия в стержнях 1, 2, 3 способом Риттера, а в стержнях 4 и 5 — по способу вырезания узлов (табл. 16; силы заданы в килоньютонах, расстояния в метрах). Варианты нагружения : 1) рис. 16; 2) рис. 17; 3) рис. 18; 4) рис. 19; 5) рис. 20.

Таблица 16

№	$P_1 = P_5$	$P_2 = P_4$	$P_3$	$\alpha$	$b$
1	10	40	0	$60^\circ$	$2a$
2	0	30	40	$90^\circ$	$a$
3	20	40	0	$30^\circ$	$3a$
4	0	20	40	$30^\circ$	$2a$
5	0	10	30	$60^\circ$	$a$
6	20	40	0	$45^\circ$	$3a$
7	0	60	30	$30^\circ$	$2a$
8	0	60	90	$60^\circ$	$a$
9	20	120	0	$30^\circ$	$3a$
10	20	80	0	$60^\circ$	$2a$

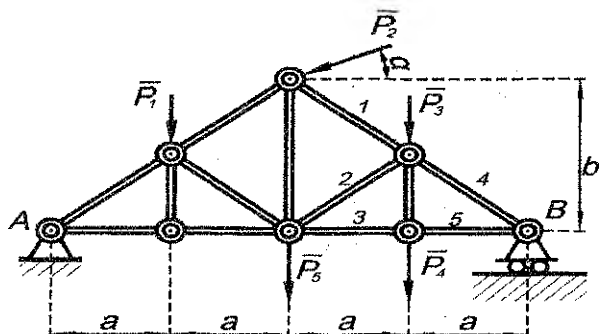


Рисунок 16

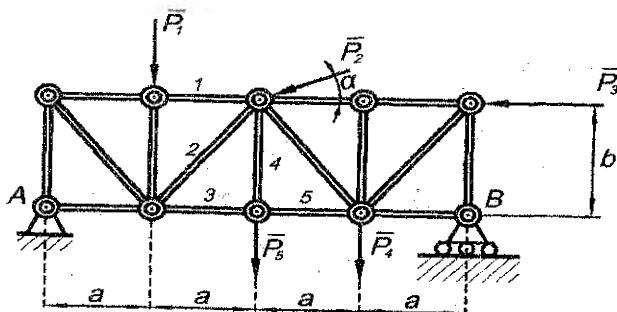


Рисунок 17

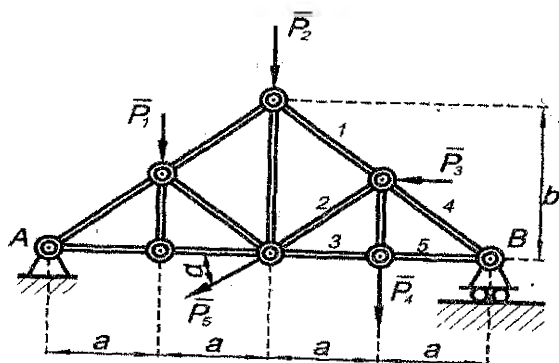


Рисунок 18

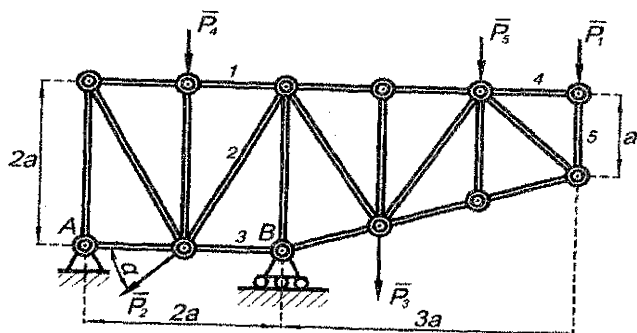


Рисунок 19

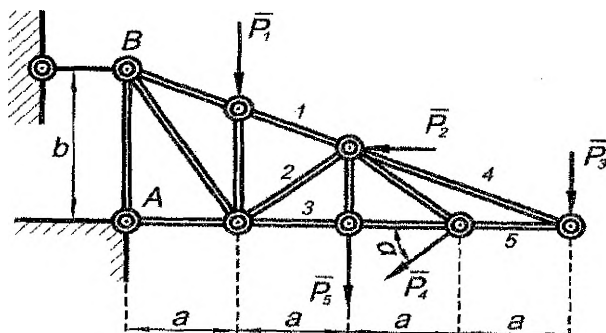


Рисунок 20

**Задача С17.** Система шести невесомых стержней имеет три неподвижные опоры С, D и O и два соединительных шарнира А и В, как указано на рисунке. В узлах А и В приложены заданные силы Р и Q (Кн), причем сила Р лежит в плоскости zAy и составляет с осью Ay угол  $\varphi$ , а сила Q составляет с осями координат x, y, z углы  $\alpha, \beta, \gamma$ . Определить усилия в этих стержнях, если заданы углы  $\alpha, \beta, \gamma, \varphi$ . Исходные данные: для рис. 21, табл. 17; для рис. 22, табл. 18.

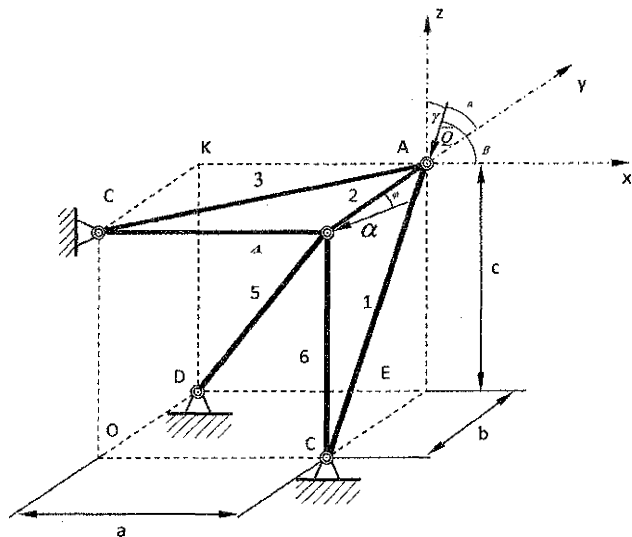


Рисунок 21

Таблица 17

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\alpha$	$90^\circ$	$90^\circ$	$90^\circ$	$45^\circ$	$60^\circ$	$60^\circ$	$60^\circ$	$45^\circ$	$30^\circ$	$60^\circ$
$\beta$	$45^\circ$	$30^\circ$	$60^\circ$	$60^\circ$	$45^\circ$	$60^\circ$	$30^\circ$	$90^\circ$	$60^\circ$	$90^\circ$
$\gamma$	$45^\circ$	$60^\circ$	$30^\circ$	$60^\circ$	$60^\circ$	$45^\circ$	$90^\circ$	$45^\circ$	$90^\circ$	$30^\circ$
$\varphi$	$0^\circ$	$90^\circ$	$30^\circ$	$45^\circ$	$60^\circ$	$0^\circ$	$45^\circ$	$60^\circ$	$30^\circ$	$90^\circ$
b	2a	a	1,5a	1,5a	1,2a	2a	1,6a	a	2a	a
c	a	2a	2a	1,5a	1,6a	2a	1,6a	1,6a	3a	1,5a
P	20	30	25	30	15	24	18	32	30	15
Q	18	15	20	15	20	12	12	16	10	20

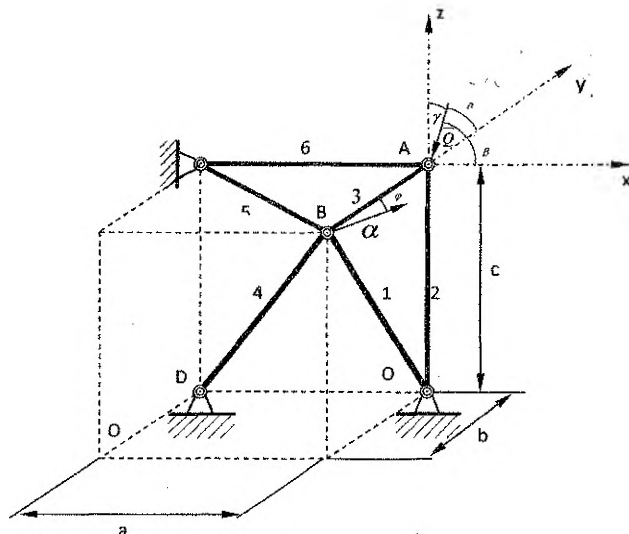


Рисунок 22

Таблица 18

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\alpha$	$30^\circ$	$45^\circ$	$60^\circ$	$60^\circ$	$45^\circ$	$60^\circ$	$90^\circ$	$90^\circ$	$30^\circ$	$45^\circ$
$\beta$	$60^\circ$	$60^\circ$	$60^\circ$	$45^\circ$	$45^\circ$	$30^\circ$	$30^\circ$	$60^\circ$	$90^\circ$	$90^\circ$
$\gamma$	$90^\circ$	$60^\circ$	$45^\circ$	$60^\circ$	$90^\circ$	$90^\circ$	$60^\circ$	$30^\circ$	$60^\circ$	$45^\circ$
$\varphi$	$60^\circ$	$30^\circ$	$45^\circ$	$90^\circ$	$0^\circ$	$30^\circ$	$60^\circ$	$45^\circ$	$0^\circ$	$90^\circ$
$b$	$a$	$2a$	$2a$	$2a$	$1,5a$	$2a$	$1,2a$	$a$	$1,5a$	$2a$
$c$	$a$	$1,5a$	$3a$	$2a$	$1,5a$	$3a$	$1,5a$	$2a$	$A$	$a$
$P$	20	15	30	18	32	60	45	30	20	15
$Q$	25	20	25	27	24	35	30	20	30	5

**Задача С18.** Система шести невесомых стержней имеет четыре шарнирно неподвижные опоры в точках C, D, E и O два соединительных шарнира A и B, как указано на рисунке. В узлах A и B приложены заданные силы P и Q (Кн), причем сила P образует с осями координат x, y, z углы  $\alpha, \beta, \gamma$ , а сила Q лежит в плоскости xAy и образует с осью Ax заданный угол  $\varphi$ . Определить усилия в этих стержнях, если заданы углы  $\alpha, \beta, \gamma, \varphi$  и размеры a, b (см). Исходные данные: для рис. 23 табл. 19; для рис. 24 табл. 20.



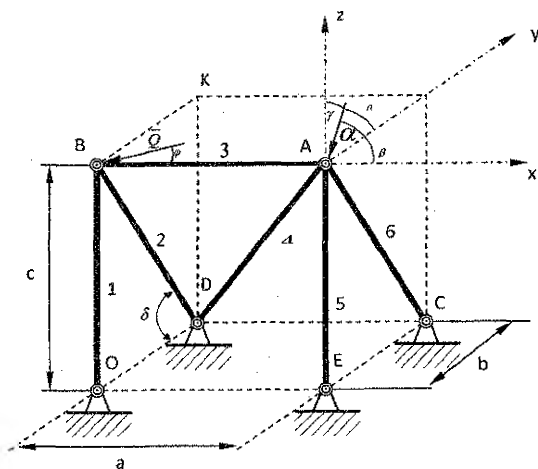


Рисунок 23

Таблица 19

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\alpha$	30°	45°	60°	60°	60°	45°	90°	45°	30°	30°
$\beta$	60°	45°	30°	60°	45°	60°	30°	90°	90°	90°
$\gamma$	90°	90°	90°	45°	60°	60°	60°	45°	60°	60°
$\delta$	45°	60°	60°	30°	60°	45°	45°	30°	30°	60°
$\varphi$	30°	45°	60°	0°	30°	45°	60°	60°	30°	45°
a	20	40	50	60	30	20	45	15	20	25
b	20	30	25	45	40	20	30	15	10	15
P	24	32	20	30	20	20	15	5	20	5
Q	12	24	15	15	25	15	15	10	20	25

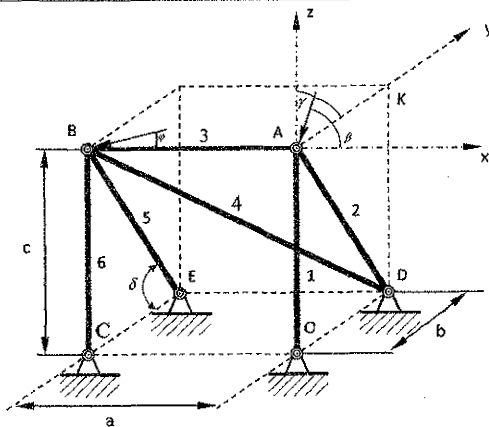


Рисунок 24

Таблица 20

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\alpha$	30°	60°	90°	45°	90°	60°	45°	60°	30°	90°
$\beta$	60°	60°	45°	45°	60°	45°	60°	30°	60°	30°
$\gamma$	90°	45°	45°	90°	30°	60°	60°	90°	90°	60°
$\delta$	45°	30°	60°	30°	45°	60°	60°	45°	30°	45°
$\varphi$	30°	0°	60°	45°	0°	60°	30°	45°	45°	30°
a	20	40	30	25	15	10	20	25	15	30
b	20	40	20	30	15	10	15	20	20	40
P	30	40	25	50	45	35	30	20	25	15
Q	24	12	18	25	30	25	15	30	15	20

**Задача C19.** Решить задачу C18 при условии, что сила  $Q$  лежит в плоскости  $zBy$  и составляет с осью  $By$  угол  $\varphi$ ; и система имеет три неподвижные опоры (рис. 25, табл. 21).

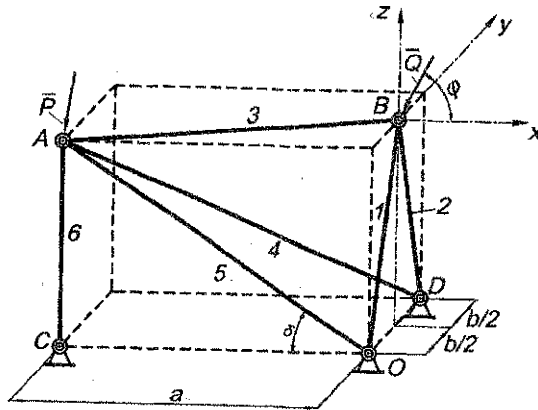


Рисунок 25

Таблица 21

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\alpha$	60°	60°	90°	90°	45°	60°	45°	30°	90°	45°
$\beta$	30°	45°	60°	30°	60°	60°	45°	60°	45°	45°
$\gamma$	90°	60°	30°	60°	60°	45°	90°	90°	90°	90°
$\varphi$	30°	60°	45°	90°	0°	45°	60°	30°	90°	45°
$\delta$	30°	45°	60°	60°	45°	30°	30°	30°	60°	45°
a	4	4	2	4	3,5	3,5	4,5	4	4	2,5
b	2	2,5	1,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2	1,5
P	3	6	5	10	6	5	7	6	8	8
Q	5	4	8	7	4	3	9	9	6	4

**Задача С20.** Определить реакции шести невесомых стержней, удерживающих в равновесии плиту весом  $Q$ , имеющую форму прямоугольного параллелепипеда с горизонтальным основанием, если к этой плите приложены силы  $P$  и  $F$ , причём сила  $F$  горизонтальна, а сила  $P$  составляет с осями  $x, y, z$  углы  $\alpha, \beta, \gamma$  и если соединения стержней с плитой и с опорами шарнирные (рис. 26, табл. 22) (силы заданы в килоньютонах, расстояния в метрах).

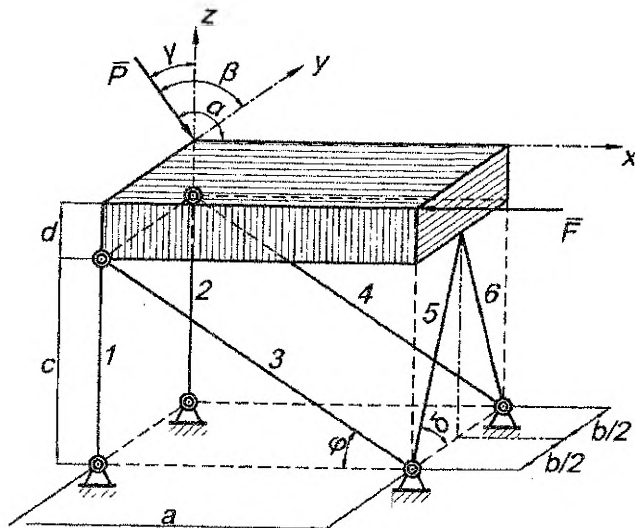


Рисунок 26

Таблица 22

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$P$	400	300	200	250	240	200	400	480	360	320
$Q$	100	120	160	80	60	150	100	80	150	120
$F$	60	80	120	150	100	180	80	150	120	100
$\alpha$	$30^\circ$	$45^\circ$	$30^\circ$	$45^\circ$	$90^\circ$	$60^\circ$	$60^\circ$	$90^\circ$	$90^\circ$	$30^\circ$
$\beta$	$90^\circ$	$45^\circ$	$60^\circ$	$90^\circ$	$45^\circ$	$90^\circ$	$30^\circ$	$30^\circ$	$60^\circ$	$90^\circ$
$\gamma$	$60^\circ$	$90^\circ$	$90^\circ$	$45^\circ$	$45^\circ$	$30^\circ$	$90^\circ$	$60^\circ$	$30^\circ$	$60^\circ$
$a$	4	4	6	8	6	8	4	4	3	3
$b$	3	3	4	2	4	4	3	2	2	3
$c$	4	6	8	6	9	8	4	8	4	4
$d$	2	2	1,6	1,5	1	1	1	0,5	0,5	1,2

**Задача С21.** Барабан радиусом  $R$  установлен на валу ворота с горизонтальной осью вращения  $AB$ , закрепленного при помощи подшипников  $A$  и  $B$ , из которых второй — упорный. Веревка, к концу которой подвешен поднимаемая груз весом  $Q$  (н), сходит с барабана под углом  $\varphi$  к вертикали. К рукоятке  $KD$ , расположенной в плоскости, перпендикулярной к оси ворота  $AB$ , приложена сила  $P$ , образующая с осями  $x, y, z$  углы  $\alpha, \beta, \gamma$ . Определить при равновесии груза реакции подшипников  $A$  и  $B$  и силу  $P$  в тот момент, когда рукоятка  $KD$  горизонтальна, если известны сила  $Q$  и отношения  $AD/AB=m, AC/AB=n, KD/R=k$  (рис. 27, табл.23).

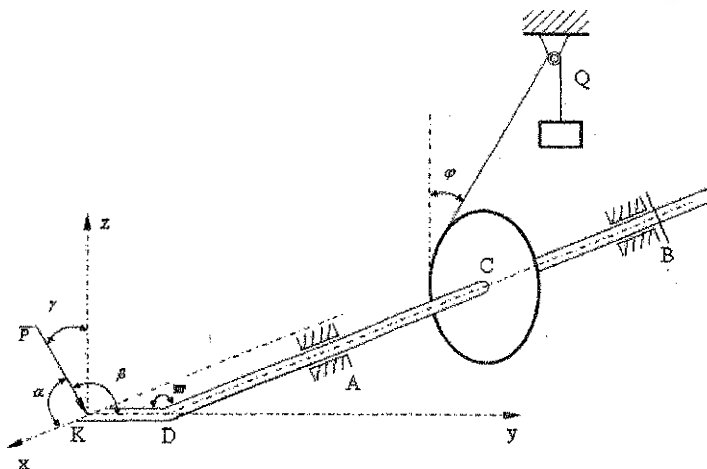


Рисунок 27

Таблица 23

№	$Q$	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	$\varphi$	$k$	$M$	$n$
1	1000	$90^\circ$	$90^\circ$	$0^\circ$	$90^\circ$	8	0,3	0,4
2	1500	$60^\circ$	$90^\circ$	$30^\circ$	$60^\circ$	6	0,3	0,5
3	1200	$90^\circ$	$30^\circ$	$60^\circ$	$45^\circ$	5	0,2	0,6
4	2000	$90^\circ$	$45^\circ$	$45^\circ$	$0^\circ$	8	0,3	0,6
5	1600	$30^\circ$	$90^\circ$	$60^\circ$	$15^\circ$	6	0,3	0,4
6	1500	$60^\circ$	$60^\circ$	$45^\circ$	$0^\circ$	5	$\frac{1}{4}$	$\frac{2}{3}$
7	1800	$45^\circ$	$60^\circ$	$60^\circ$	$90^\circ$	10	$\frac{1}{3}$	$\frac{2}{3}$
8	1000	$60^\circ$	$45^\circ$	$60^\circ$	$30^\circ$	8	$\frac{1}{3}$	$\frac{3}{5}$
9	2000	$60^\circ$	$45^\circ$	$60^\circ$	$45^\circ$	6	$\frac{1}{3}$	$\frac{3}{4}$
10	1800	$45^\circ$	$90^\circ$	$45^\circ$	$15^\circ$	5	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{4}$

**Задача С22.** Груз весом  $Q$  и поднимается равномерно при помощи ворота. Рукоятка  $AE = a$  и приложенная к ней сила  $P$  лежат в плоскости, перпендикулярной к оси  $AB$  ворота, причем сила  $P$  составляет с вертикалью угол  $\gamma$ . Верёвка

сходит с барабана под углом  $\alpha$  к горизонтали. К колесу D, жестко скрепленному с воротом, приложена пара сил с моментом  $m$  нм. Определить силу  $P$  и реакции подшипников A и B, если известны расстояние  $AE = a$ , радиус барабана  $R$  (в сантиметрах) и отношение  $AC/AB=k$  (рис. 28, табл. 24).

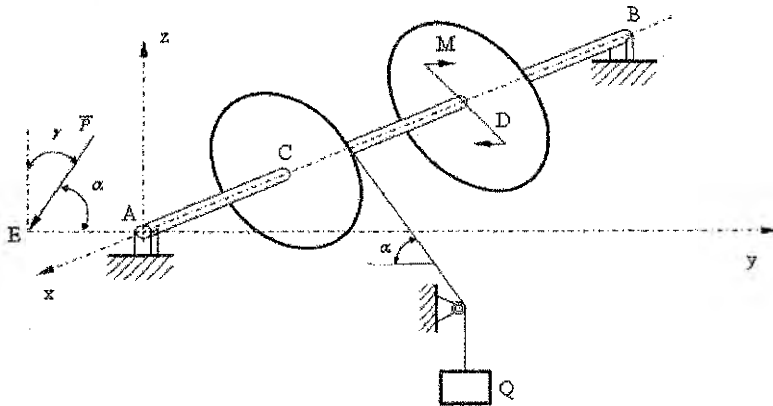


Рисунок 28

Таблица 24

№	Q	M	$\alpha$	$\gamma$	a	R	k
1	800	80	0°	0°	80	10	1/3
2	1000	100	90°	45°	60	15	1/2
3	900	120	30°	0°	60	15	1/4
4	600	160	60°	60°	80	16	1/5
5	750	150	45°	30°	60	12	2/5
6	1200	120	0°	30°	80	16	3/5
7	1000	100	30°	60°	80	15	1/6
8	900	150	45°	45°	50	10	1/3
9	700	140	60°	30°	60	12	1/2
10	600	120	90°	60°	80	16	1/3

**Задача С23.** С однородным горизонтальным валом весом  $P_1$ , вращающимся в двух подшипниках A и B, жестко соединены колесо I радиусом  $r_1$  и колесо II радиусом  $r_2$ . На колесо I навёрнута веревка, к концу которой подвешен груз весом  $P_2$ , а к колесу II прижимается тормозная колодка с силой  $Q$ , направленной по радиусу колеса, составляющему с вертикалью угол  $\alpha$ .

Определить при равновесии наименьшее значение силы  $Q$  и реакции подшипников A и B, перпендикулярные к оси вращения, если заданы угол  $\alpha$ , веса  $P_1$  и  $P_2$  (Н), радиусы колес  $r_1$  и  $r_2$  (см), коэффициент трения  $f$  и отношения  $AC/AB=k_1$  и  $AD/AB=k_2$  (рис. 29, табл.25).

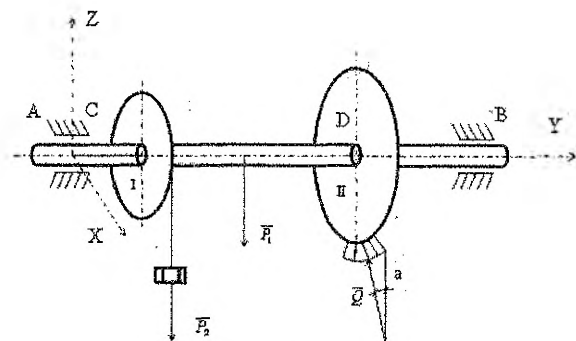


Рисунок 29

Таблица 25

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\alpha$	$30^\circ$	$45^\circ$	$60^\circ$	$90^\circ$	$0^\circ$	$60^\circ$	$30^\circ$	$45^\circ$	$90^\circ$	$60^\circ$
$P_1$	400	640	450	500	550	600	420	320	480	600
$P_2$	600	800	700	800	650	800	750	600	640	750
$r_1$	50	70	65	60	50	25	40	20	15	20
$r_2$	20	30	30	20	25	50	60	50	45	30
$f$	0,1	0,05	0,08	0,09	0,09	0,08	0,06	0,08	0,09	0,1
$k_1$	1/8	1/8	1/4	1/3	1/6	1/4	1/6	2/7	3/8	1/3
$k_2$	5/8	7/8	5/6	4/5	5/6	3/4	7/8	5/8	7/8	2/3

**Задача С24.** На горизонтальном валу, закрепленном в подшипниках А и В, насажено колесо С радиуса  $R$  (м) и колесо D. На обод колеса С накрута веревка, к концу которой подвешен груз весом  $P$  (Н). Вербка сходит с колеса С наверху под углом  $\alpha$  к оси  $x$ .

К валу на расстоянии  $b$  от подшипника А приложена вертикальная сила  $Q$  (Н), а к колесу — пара сил с моментом  $m$  (нм). Определить при равновесии вес груза  $P$  и реакции подшипников А и В (рис. 30, табл. 26, расстояния заданы в метрах).

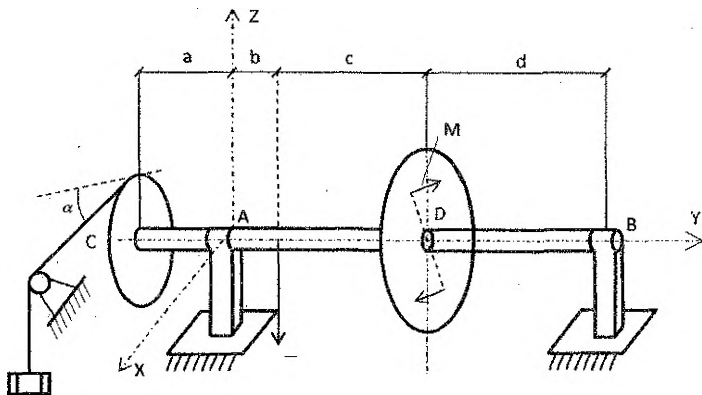


Рисунок 30

Таблица 26

№	Q	m	a	a=d	b	c	R
1	40	20	30°	0,5	0,8	0,3	0,4
2	60	15	0	0,4	0,6	0,4	0,6
3	50	15	45°	0,3	0,5	0,5	0,5
4	70	21	60°	0,3	0,6	0,8	0,7
5	40	16	90°	0,5	0,4	0,8	0,8
6	50	10	0	0,4	0,5	0,7	0,4
7	70	14	30°	0,6	0,8	0,6	0,6
8	80	20	60°	0,2	0,8	0,4	0,5
9	60	20	45°	0,3	0,9	0,3	0,6
10	40	16	90°	0,8	0,7	0,5	0,6

**Задача С25.** Однородная горизонтальная прямоугольная полка со сторонами  $AK = a$  и  $AB = b$  и весом  $P(n)$  может вращаться вокруг горизонтальной оси  $AD$  и удерживается в равновесии при помощи невесомого стержня  $CO$ , соединённого концами с полкой и с вертикальной стеной шарнирно. В точке  $A_1$  с координатами  $x, y$  помещен груз весом  $Q(n)$ . Определить реакции петель  $D$  и  $E$ , перпендикулярные к оси  $AD$ , и усилие в стержне  $CO$ , если этот стержень составляет с осями координат  $Dx, Dy$  и  $Dz$  углы  $\alpha, \beta, \gamma$ , и  $AE = KD$  (рис.31, табл. 27).

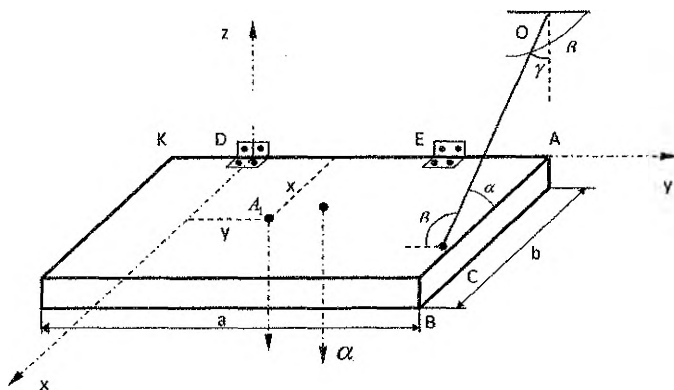


Рисунок 31

Таблица 27

№	P	Q	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	y	x	b	BC	AE
1	800	200	90°	90°	0°	a/8	b/2	3a/4	b/8	a/8
2	600	200	30°	90°	60°	a/10	3b/4	3a/4	b/8	a/10
3	600	300	60°	90°	30°	a/4	7b/8	5a/6	b/2	a/6
4	700	200	45°	90°	45°	3a/10	7b/8	4a/5	b/4	a/4
5	400	100	30°	90°	60°	3a/10	7b/10	4a/5	b/3	a/10

Продолжение таблицы 27

№	P	Q	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	y	x	b	BC	AE
6	900	200	60°	90°	30°	a/8	7b/8	3a/4	b/10	a/6
7	400	300	45°	90°	45°	a/2	5b/8	5a/8	b/6	a/4
8	400	200	60°	90°	30°	2a/3	5b/6	3a/5	2b/5	a/6
9	500	300	60°	90°	30°	3a/8	3b/4	4a/5	b/10	a/4
10	600	200	90°	90°	0°	3a/10	4b/5	3a/4	3b/10	a/8

**Задача С26.** Из однородного кругового сектора радиусом R с центральным углом  $2\alpha$ , где  $\alpha = \angle AOx = \angle BOx$ , вырезаны два круглых отверстия с радиусами  $r_1$  и  $r_2$ , центры которых находятся в точках  $O_1$  и  $O_2$ . Определить координаты центра тяжести оставшейся части, если известны углы  $\alpha$ ,  $\alpha_1 = \angle xOO_1$ ,  $\alpha_2 = \angle xOO_2$  и отношения  $OO_1/R = k_1$ ,  $OO_2/R = k_2$ ,  $r_1/R = k_3$ ,  $r_2/R = k_4$  (рис. 32, табл. 28).

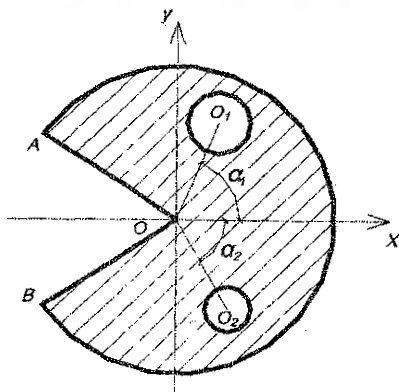


Рисунок 32

Таблица 28

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\alpha$	150°	135°	120°	90°	60°	60°	90°	120°	135°	150°
$\alpha_1$	30°	45°	90°	45°	30°	0°	60°	90°	30°	0°
$\alpha_2$	45°	30°	60°	45°	45°	30°	60°	0°	30°	90°
$k_1$	3/4	1/2	2/3	1/4	3/7	3/8	4/5	4/7	3/4	1/2
$k_2$	4/5	2/3	3/5	2/5	5/8	5/6	4/7	2/3	3/5	3/4
$k_3$	1/8	1/4	1/12	1/8	1/7	1/4	1/10	1/7	1/6	1/6
$k_4$	1/10	1/10	1/5	1/10	1/8	1/12	1/7	1/5	1/5	1/8

**Задача С27.** Из однородного круга радиусом R вырезаны два полуокруга радиусами  $r_1$  и  $r_2$  с центрами в точках  $O_1$  и  $O_2$ , причем  $\angle xOO_1 = \alpha_1$ ,  $\angle xOO_2 = \alpha_2$ . Определить координаты центра тяжести оставшейся части, если известны углы  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  и отношения  $OO_1/R = k_1$ ,  $OO_2/R = k_2$ ,  $r_1/R = k_3$ ,  $r_2/R = k_4$  (рис. 33, табл. 29).



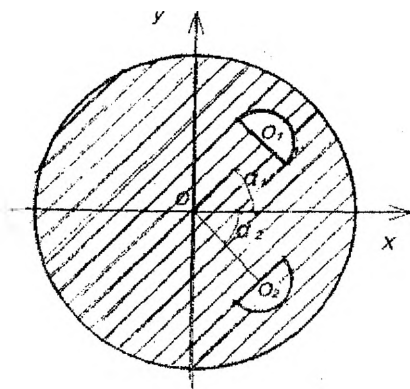


Рисунок 33

Таблица 29

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\alpha_1$	$30^\circ$	$60^\circ$	$60^\circ$	$45^\circ$	$90^\circ$	$135^\circ$	$150^\circ$	$180^\circ$	$120^\circ$	$60^\circ$
$\alpha_2$	$30^\circ$	$30^\circ$	$60^\circ$	$60^\circ$	$45^\circ$	$90^\circ$	$60^\circ$	$90^\circ$	$45^\circ$	$30^\circ$
$k_1$	$2/3$	$3/4$	$3/5$	$3/5$	$3/4$	$5/7$	$3/8$	$5/8$	$3/5$	$3/4$
$k_2$	$3/4$	$3/5$	$5/8$	$4/5$	$1/2$	$2/3$	$3/4$	$5/7$	$3/8$	$2/5$
$k_3$	$1/6$	$1/8$	$1/5$	$1/5$	$1/8$	$1/7$	$1/8$	$1/4$	$1/5$	$1/8$
$k_4$	$1/8$	$1/10$	$1/8$	$1/10$	$1/6$	$1/4$	$1/8$	$1/7$	$1/8$	$1/5$

**Задача С29.** В однородной пластинке, состоящей из прямоугольника  $ABCD$  и полукруга радиусом  $R$ , центр которого находится в середине стороны  $BC$ , вырезаны круглое отверстие радиусом  $r$  и трапеция  $A_1B_1C_1D_1$ , причем центр круглого отверстия совпадает с центром полукруга, а стороны трапеции  $A_1B_1$  и  $C_1D_1$  параллельны сторонам  $AB$  и  $CD$  прямоугольника. Определить координаты центра тяжести оставшейся части, если известны угол  $\alpha = \angle B_1C_1D_1$ , стороны  $AD=a$ ,  $AB=b$ ,  $A_1B_1=d$ ,  $A_1D_1=c$ ,  $OO_1 \perp AD$ ,  $BC/2=R$ ,  $r$  (в сантиметрах),  $A_1B_1 \perp AD$  (рис. 34, табл.30).

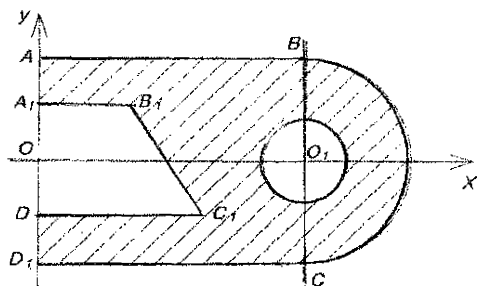


Рисунок 34

Таблица 30

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
a	40	50	75	60	60	80	100	60	50	80
b	80	120	200	180	240	150	100	120	120	200
г	10	12	24	15	20	8	16	20	16	20
c	16	18	30	12	25	16	25	15	25	36
d	16	15	0	10	20	50	0	15	70	100
$\alpha$	45°	30°	60°	90°	45°	135°	45°	90°	120°	150°

**Задача С30.** Из однородного кругового сектора радиуса  $R$  с центральным углом  $\alpha_1$  вырезан полукруг радиуса  $r$  с центром  $O_1$ , причем  $\angle xOO_1 = \alpha_2$ . Определить координаты центра тяжести оставшейся части, если известны отношения  $OO_1/R = m$ ,  $r/R = n$  (рис. 35, табл. 31).

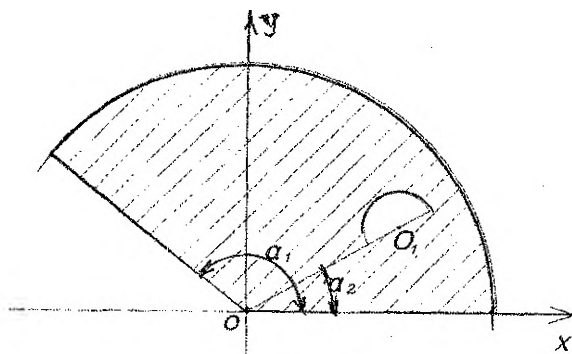


Рисунок 35

Таблица 31

№	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$m$	$N$
1	$\pi/2$	0	1/2	1/2
2	$\pi$	0	1/2	1/2
3	$\pi/2$	0	1/2	1/4
4	$\pi$	$\pi/3$	1/2	1/4
5	$\pi$	$\pi/2$	3/4	1/8
6	$\pi/2$	$\pi/4$	2/3	1/6
7	$3\pi/2$	$\pi$	2/3	1/6
8	$3\pi/2$	$\pi$	3/4	1/8
9	$5\pi/4$	$\pi/2$	3/5	1/5
10	$3\pi/2$	$\pi$	1/2	1/8

**Задача С31.** Из однородного шестиугольника ABCDEK, симметричного относительно оси Oy, вырезан полукруг радиуса  $r$ , центр которого находится в точке  $O_1$ , причем  $\angle O_1OK = \alpha$ . Найти координаты центра тяжести оставшейся части, если расстояния заданы в сантиметрах (рис. 36, табл. 32).

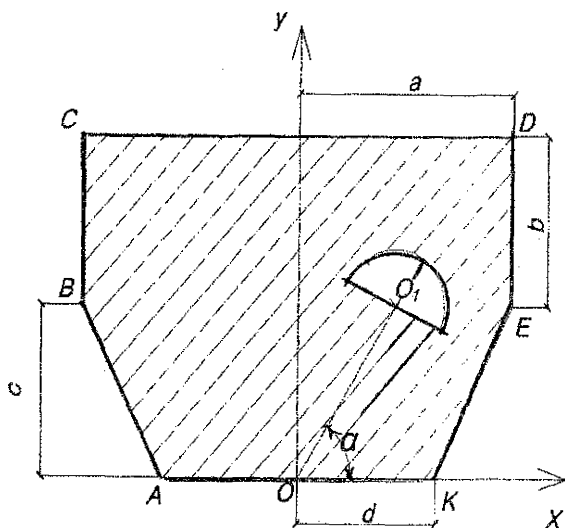


Рисунок 36

Таблица 32

№	a	b	c	d	$OO_1$	r	$\alpha$
1	60	60	30	30	40	10	$30^\circ$
2	60	60	40	20	60	10	$135^\circ$
3	60	80	40	25	50	12	$45^\circ$
4	40	60	40	30	30	8	$45^\circ$
5	80	120	100	40	30	12	$30^\circ$
6	60	75	50	20	30	10	$120^\circ$
7	40	40	20	20	25	12	$60^\circ$
8	50	50	50	20	45	12	$90^\circ$
9	70	100	30	25	50	10	$30^\circ$
10	90	120	45	35	80	20	$120^\circ$

### ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Какое тело называется абсолютно твердым?
2. Какими тремя факторами определяется сила, действующая на твердое тело?
3. Какая сила называется равнодействующей данной системы сил?

4. Если деформируемое (не абсолютно твердое) тело находится в равновесии под действием некоторой системы сил, то будут ли эти силы удовлетворять условиям равновесия абсолютно твердого тела?

5. Какое тело называется несвободным и что называется силой реакции связи?

6. В чем состоит правило силового многоугольника?

7. В чем состоит аналитический способ сложения сил, приложенных в одной точке?

8. Как формулируются условия равновесия системы сходящихся сил в геометрической и аналитической формах?

9. Известно, что сумма проекций всех сил, приложенных к телу, на данную ось, равна нулю. Как направлена равнодействующая такой системы сил?

10. В чем состоит теорема о трех уравнивающих непараллельных силах?

11. Что называется парой сил?

12. Как направлен и чему равен по величине вектор-момент пары?

13. При каком условии две пары будут эквивалентны?

14. Могут ли быть эквивалентны две пары, лежащие в пересекающихся плоскостях?

15. Чему равна проекция вектора-момента равнодействующей пары на данную ось?

16. В чем состоит теорема о сложении пар?

17. В чем состоит условие равновесия системы пар?

18. Что называется моментом силы относительно данной точки? Как выбирается знак этого момента?

19. В каком случае момент силы относительно точки равен нулю?

20. Изменится ли момент силы относительно данной точки при переносе силы по линии ее действия?

21. В чем состоит условие равновесия рычага?

22. Что называется главным вектором данной системы сил?

23. Что называется главным моментом системы сил относительно данной точки?

24. Изменяются ли главный вектор и главный момент данной системы сил при перемене центра приведения?

25. В чем состоит теорема Вариньона?

26. При каком условии главный момент плоской системы сил не зависит от выбора центра приведения?

27. Величина главного вектора данной плоской системы сил равна 10 н, а величина главного момента этой системы относительно точки А равна 5 нм. Чему равно расстояние линии действия равнодействующей этой системы сил от точки А?

28. Как формулируются условия равновесия плоской системы сил?

29. В чем заключается метод решения задачи о равновесии системы, состоящей из нескольких твердых тел? Сколько независимых уравнений равнове-

сия можно составить в такой задаче, если все силы, действующие систему, лежат в одной плоскости?

30. Что называется углом трения?

31. Какая зависимость существует между углом трения и коэффициентом трения?

32. Цилиндрический каток радиусом  $R = 20$  см и весом  $P = 1000$  н катится равномерно без скольжения по горизонтальной плоскости под действием горизонтальной силы  $F$ , проходящей через центр катка, причем  $F = 250$  н. Чему равен коэффициент трения качения?

33. В какой форме составляются уравнения равновесия в способе разрезов фермы?

34. Какая ферма называется фермой с лишними стержнями?

35. Какая зависимость существует между числом стержней и числом узлов фермы, не имеющей лишних стержней?

36. Что называется моментом силы относительно данной оси? Как выбирается знак этого момента?

37. В каких случаях момент силы относительно данной оси равен нулю?

38. Как направлен вектор-момент силы относительно данной точки?

39. Какая существует зависимость между вектором моментом силы относительно данной точки и моментом той же силы относительно оси, проходящей через эту точку?

40. Если вектор-момент данной силы относительно начала координат лежит в координатной плоскости  $xOy$ , то чему равен момент этой силы относительно оси  $Oz$ ?

41. Как направлен вектор-момент данной силы относительно начала координат, если моменты этой силы относительно двух координатных осей равны нулю?

42. Чему равны проекции главного вектора данной системы сил на каждую из координатных осей?

43. Чему равны проекции главного момента данной системы сил относительно начала координат на каждую из координатных осей?

44. Как изменяется главный момент данной системы сил при перемещении центра приведения?

45. В каких случаях пространственная система сил приводится к одной равнодействующей силе?

46. В каком случае пространственная система сил приводится к одной паре?

47. Как формулируются условия равновесия пространственной системы сил?

48. Сколько независимых уравнений равновесия можно составить в задаче о равновесии твердого тела, если все силы, приложенные к телу, параллельны, но не лежат в одной плоскости?

49. Что называется центром данной системы параллельных сил?

50. Какая точка называется центром тяжести данного тела?

Учебное издание

*Составители:*

*Батрак Валентин Васильевич*

*Сазонов Михаил Иванович*

*Хвисевич Виталий Михайлович*

## **ЗАДАНИЯ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

**к выполнению контрольных работ  
по теоретической механике**

**Часть I**

**«СТАТИКА»**

**для студентов строительных специальностей  
заочной формы обучения**

Ответственный за выпуск: Хвисевич В.М.

Редактор: Боровикова Е.А.

Компьютерная вёрстка: Соколюк А.П.

Корректор: Никитчик Е.В.

---

Подписано в печать 05.01.2015 г. Формат 60x84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага «Performer».  
Гарнитура «Times New Roman». Усл. печ. л. 2,20. Уч. изд. л. 2,37. Заказ №1091. Тираж 25 экз.  
Отпечатано на ризографе учреждения образования «Брестский государственный  
технический университет». 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.